

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра **«Вищої математики та системного аналізу» (№ 405)**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми

  
(підпис)

Юнна ЩЕРБАКОВА

(ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

« 29 » \_\_\_\_\_ серпня \_\_\_\_\_ 2025 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Моделювання складних систем

(назва навчальної дисципліни)

**Галузі знань:** 12 «Інформаційні технології»

(шифр і найменування галузі знань)

**Спеціальності:** 124 «Системний аналіз та наука про дані»

(код і найменування спеціальності)

**Освітні програми:** «Системний аналіз і управління»

(найменування освітньої програми)

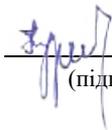
**Рівень вищої освіти:** перший (бакалаврський)

**Силабус введено в дію з 01.09.2025 року**

**Харків – 2025 р.**

Розробник: Кузніченко В.М., доцент кафедри вищої математики та системного аналізу, кандидат фізико-математичних наук, доцент

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри вищої математики та системного аналізу (№ 405)

(назва кафедри)

Протокол № 12 від "30" червня 2025 р.

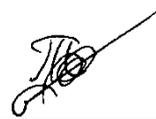
Завідувач кафедри к.ф.-м.н., доцент  
(науковий ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

Ніна САВЧЕНКО  
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

студент гр. 453

  
(підпис)

Володимир ТИТАРЕНКО  
(ім'я та прізвище)

## 1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Кузніченко Володимир Михайлович

Посада: доцент кафедри вищої математики та системного аналізу

Науковий ступінь: кандидат фізико-математичних наук

Вчене звання: доцент

Перелік дисциплін, які викладає:

Лінійна алгебра та аналітична геометрія; Теорія ймовірностей та математична статистика; Моделювання складних систем; Інтелектуальний аналіз даних.

Напрями наукових досліджень:

ланцюги Маркова, розв'язання задач теорії багатокритеріального вибору, стохастичний підхід до аналізу моделей обміну.

Контактна інформація:

v.kuznichenko@khai.edu

## 2. Опис навчальної дисципліни

|   |   |
|---|---|
| Форма здобуття освіти                                 | Денна, заочна   |
| Семестр   | VI  |
| Мова викладання                                       | Українська  |
| Тип дисципліни  | Обов'язкова   |
| Обсяг дисципліни:<br>кредити ЄКТС/ кількість<br>годин | денна: 6 кредитів ЄКТС/ 180 годин (72 аудиторних, з яких: лекції – 32; практичні – 8; лабораторні – 32; СРЗ -108);<br>заочна: 6 кредитів ЄКТС/ 180 годин (64 аудиторних, з яких: лекції – 30; практичні – 4; лабораторні – 30; СРЗ -116); |
| Види навчальної діяльності                            | Лекції, лабораторні, практичні, самостійна робота   |
| Види контролю   | Поточний контроль, модульний контроль, семестровий – контроль – іспит, захист курсової роботи   |
| Пререквізити  | Математичний аналіз, Алгебра та геометрія, Теорія ймовірностей та математична статистика, Диференціальні рівняння, Методи оптимізації та дослідження операцій   |
| Кореквізити   | Бази даних, Програмування, Штучний інтелект   |
| Постреквізити   | Розподілені системи та хмарні обчислення, Бізнес-аналітика, Безпека даних, Візуалізація даних   |

### **3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання**

**Мета вивчення:** у засвоєнні основних положень, методів і засобів моделювання складних систем та застосуванні їх на практиці, які дозволять здобувачам освіти розв'язувати важливі практичні та теоретичні задачі з різних галузей системного аналізу та суміжних дисциплін.

**Завдання:** закласти основи фундаментальної фахової підготовки, а саме: у відпрацюванні основних понять, методів та прийомів моделювання складних систем.

Компетенції, які набуваються:

#### **Інтегральні компетенції**

- 1. Розуміння основ теорії систем і моделювання:** Здатність пояснювати основні поняття теорії систем, такі як система, елемент, підсистема, зв'язок, структура, стан, рівновага, еволюція, розвиток, управління та поведінка. Вміння класифікувати системи за різними критеріями та розуміти особливості складних систем.
- 2. Застосування методів моделювання:** Здатність використовувати різні підходи до моделювання систем, такі як структурний, функціональний, концептуальний, ймовірнісний та алгебраїчний. Вміння проводити етапи моделювання, включаючи постановку задачі, збір та аналіз даних, розробку концептуальної моделі, вибір структури моделі, ідентифікацію параметрів моделі та перевірку адекватності моделі.
- 3. Використання уніфікованої мови моделювання:** Здатність застосовувати принципи об'єктно-орієнтованого моделювання, такі як абстрагування, обмеження доступу, модульність, ієрархія, типізація та стійкість. Вміння використовувати уніфіковану мову моделювання UML для розробки програмних систем.
- 4. Аналітичні методи моделювання:** Здатність застосовувати матричні балансові моделі, моделі лінійного програмування, транспортні задачі, задачі цілочисельного програмування та задачі теорії ігор. Вміння моделювати процеси теплообміну та визначати розподіл температури та напружень у системах зі складною геометрією.
- 5. Побудова моделей за даними експерименту:** Здатність проводити пасивний та активний експерименти, будувати моделі парної та множинної регресії, використовувати метод найменших квадратів та проводити кореляційний та дисперсійний аналіз.
- 6. Комп'ютерне моделювання:** Здатність використовувати статистичне та імітаційне моделювання, метод Монте-Карло, засоби організації модельного часу та проводити комп'ютерні експерименти. Вміння працювати з сучасними інформаційними технологіями для моделювання складних систем, такими як пакет AnyLogic.

**7. Моделі інтелектуальних систем:** Здатність розуміти та застосовувати нечіткі моделі, нечіткі системи та нечіткий логічний вивід, такі як модель Мамдані та модель Такагі-Сугено.

**8. Курсова робота з моделювання складних систем:** Здатність виконувати комплексне моделювання системи з використанням імітаційного моделювання в ПП AnyLogic, проводити аналіз та постановку задачі, розробляти функціональні та алгоритмічні схеми моделі, обґрунтовувати обране програмне забезпечення та проводити комп'ютерні експерименти.

Ці компетенції допоможуть здобувачам не лише розуміти теоретичні аспекти моделювання складних систем, але й застосовувати ці знання на практиці, використовуючи сучасні інструменти та методики.

### **Загальні компетентності**

**Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:**

- 1. Системне мислення:** Здатність аналізувати та розуміти складні системи як цілісність, що складається з взаємопов'язаних елементів і підсистем.
- 2. Аналітичні навички:** Вміння застосовувати аналітичні методи для дослідження та моделювання складних систем, включаючи використання математичних та комп'ютерних моделей.
- 3. Комп'ютерна грамотність:** Здатність ефективно використовувати сучасні програмні засоби та технології для моделювання систем, такі як AnyLogic та інші спеціалізовані пакети.
- 4. Дослідницькі навички:** Вміння планувати та проводити експерименти, збирати та аналізувати дані, а також інтерпретувати результати для перевірки гіпотез та моделей.
- 5. Критичне мислення:** Здатність оцінювати адекватність та ефективність моделей, виявляти їх сильні та слабкі сторони, а також пропонувати вдосконалення.
- 6. Комунікативні навички:** Вміння чітко та зрозуміло представляти результати моделювання та досліджень, як у письмовій, так і в усній формі.
- 7. Креативність та інноваційність:** Здатність розробляти нові підходи до моделювання складних систем та пропонувати інноваційні рішення для оптимізації їх функціонування.
- 8. Управлінські навички:** Вміння застосовувати принципи управління для аналізу та оптимізації поведінки складних систем.
- 9. Міждисциплінарність:** Здатність інтегрувати знання з різних галузей для комплексного аналізу та моделювання систем, що вимагають міждисциплінарного підходу.
- 10. Етичні та професійні стандарти:** Розуміння та дотримання етичних норм і професійних стандартів при проведенні досліджень та моделюванні систем.

Ці компетентності допоможуть здобувачам не лише успішно опанувати дисципліну, але й ефективно застосовувати отримані знання та навички у професійній діяльності.

### **Спеціальні компетенції:**

- 1. Розробка та аналіз математичних моделей:** Здатність створювати та аналізувати математичні моделі складних систем, використовуючи різні математичні методи та інструменти.
- 2. Використання сучасних програмних засобів моделювання:** Вміння ефективно використовувати спеціалізовані програмні пакети для моделювання, такі як AnyLogic, Maple, Simulink та інші.
- 3. Застосування методів оптимізації:** Здатність застосовувати методи оптимізації для покращення функціонування складних систем, включаючи використання лінійного та нелінійного програмування.
- 4. Побудова та аналіз імітаційних моделей:** Вміння створювати імітаційні моделі складних систем та проводити комп'ютерні експерименти для аналізу їх поведінки.
- 5. Розробка та аналіз нечітких моделей:** Здатність розробляти та аналізувати нечіткі моделі та системи, використовуючи методи нечіткої логіки та нечіткого виводу.
- 6. Планування та проведення експериментів:** Вміння планувати та проводити експерименти для збору даних, необхідних для побудови та перевірки моделей.
- 7. Аналіз та інтерпретація даних:** Здатність аналізувати та інтерпретувати дані, отримані в результаті моделювання та експериментів, для прийняття обґрунтованих рішень.
- 8. Розробка та аналіз мультиагентних моделей:** Вміння створювати та аналізувати мультиагентні моделі для дослідження взаємодії між різними агентами в системі.
- 9. Застосування методів системної динаміки:** Здатність використовувати методи системної динаміки для аналізу та моделювання поведінки складних систем у часі.
- 10. Розробка та аналіз дискретно-подійних моделей:** Вміння створювати та аналізувати дискретно-подійні моделі для дослідження систем, що змінюються у часі.

Ці спеціальні компетенції допоможуть здобувачам не лише успішно опанувати дисципліну, але й ефективно застосовувати отримані знання та навички у професійній діяльності в галузі моделювання складних систем.

### **Програмні результати навчання:**

#### **1. Розуміння основ теорії систем:**

- Здобувачі можуть пояснювати основні поняття теорії систем, такі як система, елемент, підсистема, зв'язок, структура, стан, рівновага, еволюція, розвиток, управління та поведінка.

#### **2. Класифікація систем:**

- Здобувачі зможуть класифікувати системи за різними критеріями та розуміти особливості складних систем.

#### **3. Застосування методів моделювання:**

- Здобувачі зможуть застосовувати різні підходи до моделювання систем, такі як структурний, функціональний, концептуальний, ймовірнісний та алгебраїчний.

#### **4. Використання уніфікованої мови моделювання:**

- Здобувачі зможуть використовувати принципи об'єктно-орієнтованого моделювання та застосовувати уніфіковану мову моделювання UML для розробки програмних систем.

#### **5. Аналітичні методи моделювання:**

- Здобувачі зможуть застосовувати матричні балансові моделі, моделі лінійного програмування, транспортні задачі, задачі цілочисельного програмування та задачі теорії ігор.

#### **6. Побудова моделей за даними експерименту:**

- Здобувачі зможуть проводити пасивний та активний експерименти, будувати моделі парної та множинної регресії, використовувати метод найменших квадратів та проводити кореляційний та дисперсійний аналіз.

#### **7. Комп'ютерне моделювання:**

- Здобувачі зможуть використовувати статистичне та імітаційне моделювання, метод Монте-Карло, засоби організації модельного часу та проводити комп'ютерні експерименти.

#### **8. Моделі інтелектуальних систем:**

- Здобувачі зможуть розуміти та застосовувати нечіткі моделі, нечіткі системи та нечіткий логічний вивід, такі як модель Мамдані та модель Такагі-Сугено.

#### **9. Курсова робота з моделювання складних систем:**

- Здобувачі зможуть виконувати комплексне моделювання системи з використанням імітаційного моделювання в ПП AnyLogic, проводити аналіз та постановку задачі, розробляти функціональні та алгоритмічні схеми моделі, обґрунтовувати обране програмне забезпечення та проводити комп'ютерні експерименти.

#### **10. Аналіз та інтерпретація результатів моделювання:**

- Здобувачі зможуть аналізувати та інтерпретувати результати моделювання для прийняття обґрунтованих рішень та вдосконалення систем.

Ці програмні результати навчання допоможуть здобувачам не лише успішно опанувати дисципліну, але й ефективно застосовувати отримані знання та навички у професійній діяльності в галузі моделювання складних систем.

## 4. Зміст навчальної дисципліни

### Модуль 1

#### Змістовий модуль 1. Загальні поняття теорії систем, моделювання та мови моделювання

##### Тема 1. Вступ до теорії систем і моделювання

- *Форма занять: лекції, лабораторні та практичні заняття, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Основні поняття теорії систем: система, елемент, підсистема, зв'язок, цільове призначення, декомпозиція, структура, стан, рівновага, еволюція, розвиток, управління, поведінка. Класифікація систем: матеріальні та ідеальні, природні та штучні, технічні, ергономічні, соціальні, відкриті та замкнуті, детерміновані та стохастичні, прості, великі, складні. Ознаки складних систем. Основні типи структур систем. Типи ієрархічних систем. Приклади. Означення моделі та моделювання, класифікація моделей: матеріальні і абстрактні, натурні, фізичні, аналогові, концептуальні, математичні, аналітичні, чисельні, аналітико-чисельні, комп'ютерні, дискретні та неперервні, скінченний автомат, стаціонарні, нестаціонарні, динамічні, лінійні та нелінійні, скінченновимірні та нескінченновимірні.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів:*

- Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.
- Виконання домашніх робіт після кожного лабораторного заняття

##### Тема 2. Основні підходи до моделювання систем

- *Форма занять: лекції, практичні заняття, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Основні підходи до моделювання систем, їх сутність: структурний, функціональний, концептуальний, ймовірнісний, алгебраїчний. Етапи моделювання: постановка задачі і визначення цілей моделювання; збір, обробка і аналіз даних; дослідження властивостей системи, розробка концептуальної моделі, вибір структури моделі, вибір моделі з певного класу моделей або створення нової моделі, ідентифікація параметрів моделі, створення алгоритмів під програмну реалізацію моделі, програмна реалізація моделі, комп'ютерний експеримент, перевірка адекватності моделі, встановлення області адекватності моделі, аналіз результатів моделювання.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів:*

- Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.
- Виконання домашніх робіт після кожного лабораторного заняття

### **Тема 3. Уніфікована мова моделювання**

- *Форма занять: лекції, практичні, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні*

Об'єктно-орієнтоване моделювання. Основні принципи: абстрагування, обмеження доступу, модульність, ієрархія, типізація, стійкість. Етапи розробки програмних систем: аналіз предметної області, об'єктна декомпозиція систем, діаграма об'єктів, діаграма класів, модулі класів. Методологія розробки класів. Успадкування і поліморфізм. Уніфікована мова моделювання UML.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів:*

- Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.
- Виконання домашніх робіт після кожного лабораторного заняття.

### **Змістовий модуль 2. Математичне моделювання.**

#### **Тема 4. Аналітичні методи моделювання складних систем.**

- *Форма занять: лекції, лабораторні та практичні заняття, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Матричні балансові моделі. Модель «Випуск - затрати» Леонт'єва, модель обміну. Оптимізаційні задачі лінійного програмування. Двоїста задача лінійного програмування. Транспортна задача. Задачі цілочисельного програмування. Задачі теорії ігор з нульовою сумою. Зведення задач теорії ігор з нульовою сумою до задач лінійного програмування. Задачі динамічного програмування. Моделювання процесів теплообміну. Визначення розподілу температури в стержні методом кінцевих елементів. Визначення розподілу температури в області зі складною геометрією методом кінцевих елементів.

Визначення розподілу напружень в області зі складною геометрією методом кінцевих елементів.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів:*

- Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.
- Виконання домашніх робіт після лабораторного заняття.

#### **Тема 5. Побудова моделей по даним експерименту.**

- *Форма занять: лекції, лабораторні та практичні заняття, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Пасивний експеримент. Лінійні та нелінійні моделі парної та множинної регресії. Метод найменших квадратів. F та t тести перевірки моделі і її

коефіцієнтів на адекватність. Мультиколінеарність. Перевірка залишків регресії на гомоскедастичність та гетероскедастичність. Кореляційний та дисперсійний аналіз побудованих моделей. Активний експеримент. Повний факторний експеримент. Дробовий факторний експеримент. Експерименти на основі планів другого порядку.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів:*

- Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.
- Виконання домашніх робіт після кожного лабораторного заняття.

### **Модульний контроль 1**

*- Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

*- Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

Підготовка до модульного контролю.

## **Модуль 2**

### **Змістовий модуль 3. Комп'ютерне моделювання.**

#### **Тема 6. Статистичне та імітаційне моделювання складних систем**

*- Форма занять: лекції, практичні заняття, самостійна робота.*

*- Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Статистичне забезпечення імітаційного моделювання. Метод Монте-Карло. Засоби організації модельного часу. Перевірка адекватності моделі. Планування модельного експерименту. Обробка результатів модельного експерименту. Аналіз результатів моделювання. Моделювання одиночної події. Моделювання повної групи несумісних подій. Моделювання складних незалежних подій. Моделювання складних залежних подій.

Сутність імітаційного моделювання. Етапи створення імітаційної моделі. Динаміка імітаційної моделі. Основні парадигми побудови імітаційних моделей. Означення системної динаміки. Поточкові діаграми системної динаміки та їх підсистеми. Концепція системної динаміки Структура моделі системної динаміки. Предметна область застосування системної динаміки. Дискретно-подійне моделювання. Парадигма мережевого моделювання. Транзакції і блоки. Структура моделі. Предметна область застосування дискретно-подійного моделювання. Мультиагентне моделювання. Означення агента і мультиагентної моделі. Взаємодія агентів між собою і з оточуючим середовищем. Структура агентних моделей. Предметна область застосування мультиагентного моделювання. Технології розробки комп'ютерних моделей. Структурний і модульний підходи, їх особливості.

Огляд сучасних інформаційних технологій для моделювання складних систем. Пакет AnyLogic. Загальне знайомство з пакетом. Створення моделі.

Об'єкти, редагування об'єктів. Неперервні змінні і параметри моделі. Функціональна залежність між змінними. Моделювання за допомогою диференціальних рівнянь. Запуск моделі, створення графіків і фазових діаграм. Анімація моделі. Динамічні характеристики графічних об'єктів. Управління модельним часом. Співвідношення між фізичним і модельним часом. Лічильник дискретного часу. Дискретно-подійне моделювання в AnyLogic. Події. Таймери. Стейтчарти. Застосування до систем масового обслуговування. Бібліотека Enterprise Library.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів:*

- Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.
- Виконання домашніх робіт після кожного лабораторного заняття.

### **Тема 7. Моделі інтелектуальних систем**

- *Форма занять: лекції, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Інтелектуальна модель, нечітка модель, інформаційна модель. Означення нечіткої моделі. Структура, основні елементи і операції в нечітких моделях. Основні властивості нечітких моделей. Повнота нечіткої моделі. Нечіткі системи та нечіткий логічний вихід: модель Мамдані, модель Такагі-Сугено.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів:*

- Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Змістовий модуль 4. Курсова робота з моделювання складних систем**

#### **Тема 8. Комплексне моделювання системи з використанням імітаційного моделювання в ПП AnyLogic.**

- *Форма занять: самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): ПП AnyLogic.*

Практичне відпрацювання та виконання всіх етапів побудови імітаційної моделі. Аналіз і постановка задачі. Розробка функціональної схеми роботи моделі. Розробка алгоритмічної схеми моделі. Обґрунтування обраного ПЗ. Опис процесу створення моделі. Опис використовуваних компонентів для моделювання. Побудова подієвої частини моделі. Організація модельного часу. Виділення сегментів моделі і їх розміщення по областях перегляду. Організація виведення результатів моделювання. Відображення підсумкової моделі. Відображення роботи моделі. Проведення комп'ютерних експериментів з моделлю. Аналіз результатів моделювання.

### **Модульний контроль 2 (за темами змістовного модуля 2)**

- Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).
- Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.
- Самостійна робота здобувачів освіти – підготовка до модульного контролю.

## 5. Індивідуальні завдання

| № з/п | Назва теми  |
|-------|---|
| 1     | Виконання курсової роботи за темою «Комплексне моделювання системи з використанням імітаційного моделювання в ПП AnyLogic» за індивідуальною тематикою. |

## 6. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), проведення олімпіад.

## 7. Методи контролю

Проведення поточного контролю у вигляді тестів, усної здачі індивідуальних робіт, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді семестрового контролю: іспит та захист курсової роботи.

## 8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

| Складові навчальної роботи      | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>Змістовий модуль 1</b>       |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях               | 0...1                           | 3                          | 0...3                   |
| <b>Змістовий модуль 2</b>       |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях               | 0...1                           | 4                          | 0...4                   |
| Модульний контроль              | 0...27                          | 1                          | 0...27                  |
| Робота на лабораторних заняттях | 0...2                           | 8                          | 0...16                  |

| <b>Змістовий модуль 3</b>       |         |   |          |
|---------------------------------|---------|---|----------|
| Робота на лекціях               | 0...1   | 7 | 0...7    |
| Модульний контроль              | 0...27  | 1 | 0...27   |
| Робота на лабораторних заняттях | 0...2   | 8 | 0...16   |
| Усього за семестр               |         |   | 0...100  |
| <b>Змістовий модуль 4</b>       |         |   |          |
| Робота на практичних заняттях   | 0...2   | 4 | 0...8    |
| Захист курсової роботи          | 30...92 | 1 | 30...92  |
| Усього за семестр               |         |   | 30...100 |

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань та двох практичних питань. Максимальна кількість балів за кожне питання в білеті складає 25 балів. Практичні питання виконуються без використання електронних таблиць.

Типова курсова робота з курсу складається з таких розділів.

1. Перший розділ, в якому наведено бібліографічний огляд наукових публікацій за темою роботи з їх аналізом, на основі якого формулюються задачі дослідження, дається постановка ключової задачі.

2. Другий розділ, в якому проводиться вивчення об'єкту дослідження з точки зору системного аналізу. Для цього виявляються його системні властивості:

3. Третій розділ, присвячений комп'ютерному моделюванню об'єкта дослідження.

4. Висновків по роботі, в яких, в першу чергу, акценти ставляться на якісних результатах роботи.

Оцінка роботи в 100-бальній шкалі складається з двох частин:

- результат роботи, наведений у записці;
- оцінка за захист курсової роботи.

Результат роботи оцінюється від 70 балів. При цьому за розділами результати розподілені так: 15-20-30-5

При виставленні балів за роботу основними критеріями є наукова новизна і (або) практична цінність результатів. Під їх впливом окремі розділи роботи і бали за них можуть змінюватися.

Захист курсової роботи оцінюється від 30 балів.

Розподіл балів:

- доповідь (15);
- відповіді на запитання (15).

Таблиця 8.2 – Розподіл балів, за виконання курсової роботи

| Пояснювальна записка | Ілюстративна частина | Захист роботи | Сума    |
|----------------------|----------------------|---------------|---------|
| до 30                | до 30                | до 40         | 0 - 100 |

### **Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру.**

Модульний контроль проводиться два рази на семестр на 8 і 16 тижнях у аудиторний час на лекційних заняттях. Білет для модульного контролю включає три завдання: одне теоретичних питання та два практичних. Максимальна кількість балів за теоретичне питання становить до 40 балів. Кожне практичне завдання оцінюється до 30 балів. Практичні питання виконуються без використання електронних таблиць та ПК.

Таблиця 8.3 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

| Сума балів | Оцінка за традиційною шкалою  |               |
|------------|-------------------------------|---------------|
|            | Іспит, диференційований залік | Залік         |
| 90-100     | Відмінно                      | Зараховано    |
| 75-89      | Добре                         |               |
| 60-74      | Задовільно                    |               |
| 0-59       | Незадовільно                  | Не зараховано |

### ***Критерії оцінювання роботи здобувача освіти протягом семестру***

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь для роботи в пакеті AnyLogic. Відпрацювати та захистити всі етапи курсової роботи. Вміти самостійно давати характеристику існуючої складної моделі, проводити аналіз моделі.

**Добре (75 - 89).** Показати вміння виконувати та захищати всі етапи курсової роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновані у роботі. Вміти пояснювати характеристики побудованої моделі.

**Відмінно (90 - 100).** В повному обсязі знати основній та додатковий матеріал. Знати усі етапи побудови імітаційної моделі. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Вміти будувати складні проекти розвитку і планування складних систем. Безпомилково виконувати та захищати всі етапи

курсної роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновані у моделі.

## **9. Політика навчального курсу**

### **Відвідування занять:**

- Регулярне відвідування занять є обов'язковим для успішного засвоєння матеріалу.

- У разі пропуску заняття з поважної причини, здобувачі освіти повинні повідомити викладача заздалегідь.

- Можуть бути передбачені певні наслідки за систематичні пропуски без поважних причин.

### **Дотримання вимог академічної доброчесності:**

- Здобувачі освіти повинні дотримуватися принципів академічної доброчесності, включаючи чесність у виконанні завдань та іспитів.

- Плагіат, шпигунство, фабрикація даних та інші форми академічного несумління заборонені.

- Порушення академічної доброчесності може призвести до дисциплінарних стягнень.

### **Вирішення конфліктів:**

- У разі виникнення конфліктів між здобувачами освіти або між здобувачем освіти та викладачем, слід звертатися до встановлених процедур вирішення конфліктів.

- Спочатку рекомендується спробувати вирішити конфлікт шляхом прямого діалогу між сторонами.

- Якщо конфлікт не вдається вирішити на цьому рівні, слід звернутися до адміністрації навчального закладу або до спеціальних комісій з вирішення конфліктів.

## **10. Методичне забезпечення**

### **Конспекти лекцій та підручники:**

1. Бахмет Г.К., Бахмет А.Г., Ніколаєв О.Г. та ін. Методика виконання курсових робіт: навч. посібник.– Харків: ХАІ, 2016.
2. Ніколаєв О.Г., Кузніченко В.М. Моделювання складних систем [рукопис]: електронний навч. посібник.– Харків: ХАІ, 2020.

Посилання на ментор                      Ментор:                      <https://mentor.course/view.php?id=8964khai.edu/>

## **11. Рекомендована література**

**Базова**

1. Міністерство освіти і науки України. (2018). Стандарт вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 11 Математика та статистика, спеціальність 113 Прикладна математика (Наказ МОН України № 1216 від 12.11.2018). <https://mon.gov.ua>
2. Бахрушин В.Є. Математичне моделювання. – Запоріжжя: ГУ «ЗІДМУ», 2004.
3. Боровська Т.М. Основи кібернетики та дослідження операцій: Навч. посіб./Т.М. Боровська, І.С. Колеснік, В.А. Северілов. – Вінниця:ВДТУ, 2002.
4. Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації. Навч. посіб. – Львів, «Новий світ - 2000», 2003.
5. Томашевський В.М. Моделювання систем. –К.: ВNH: 2005.
6. Задачі та методи моделювання складних систем: навчальний посібник / За ред. В.С. Дейнеки. - К.: Наукова думка, 2021. - 342 с.
7. Complex Systems Modeling and Simulation / Stephen Marsland. - Chapman and Hall/CRC, 2022. - 464 p.
8. Стеценко І.В. Моделювання систем: навч. посіб. / І.В. Стеценко. - Черкаси: ЧДУ, 2019. - 399 с.
9. Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems / Hiroki Sayama. - Open SUNY Textbooks, 2021. - 498 p.

#### **Допоміжна**

1. Доценко С.І. Моделювання складних систем: практикум / С.І. Доценко. - Харків: ХНУРЕ, 2020. - 228 с.
2. Системний аналіз та моделювання складних систем: підручник / За ред. О.В. Веселої. - Львів: Львівська політехніка, 2022. - 476 с.
3. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Моделювання складних систем" / Укл.: П.І. Бідюк, В.Д. Романенко. - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 125 с.
4. Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту з дисципліни "Моделювання складних систем" / Укл.: О.М. Верес. - Львів: Львівська політехніка, 2022. - 48 с.
5. Complex Systems: Theory and Applications / Andrew Yang. - MIT Press, 2023. - 392 p.
6. Gould H., Tobochnik J., Christian W. An Introduction to Computer Simulation Methods. – N.-Y.: Addison Wesley, 2007.
7. Simsion G.C., Witt G.C. Data Modeling Essentials. – San Francisco: Elsevier, 2005.
8. Boccaro N. Modeling complex system. New York:Springer, 2004.
9. Olive A. Conceptual Modeling of Information Systems. – Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2007.
10. Woolfson M.M., Pert G.J. An Introduction to Computer Simulation. – N.-Y.: Oxford University Press, 1999.
11. Heinz St. Mathematical Modeling. - Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2011.

12. Fabien B.C. Analytical System Dynamics. Modeling and Simulation. – N.-Y.: Springer, 2009.
13. Ponniah D. Data Modeling Fundamentals. – New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.
14. Zhang H., Lin D. Fuzzy Modeling and Fuzzy Control. – Boston: Birkhauser, 2006.
15. Соколовська З.М. Комп'ютерне моделювання складних економічних систем: монографія / З.М. Соколовська. - Одеса: Астропринт, 2021. - 512 с.
16. System Modeling and Simulation: An Introduction / Frank L. Severance. - Wiley, 2021. - 512 p.
17. Gould H., Tobochnik J., Christian W. An Introduction to Computer Simulation Methods. – N.-Y.: Addison Wesley, 2007. Simsion G.C., Witt G.C. Data Modeling Essentials. – San Francisco: Elsevier, 2005.
18. Zhang H., Lin D. Fuzzy Modeling and Fuzzy Control. – Boston: Birkhauser, 2006.

## 12. Інформаційні ресурси

Сайт бібліотеки: <https://library.khai.edu>